

**ВУЛКАНОЛОГИЯ И СЕЙСМОЛОГИЯ**

1982

№ 2

УДК 550.4:551.2:552.313

**ПЕТРОВ Л. Л., ВОЛЫНЕЦ О. Н., ПАМПУРА В. Д.,  
ПОПОЛИТОВ Э. И.****РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БЕРИЛЛИЯ И ФТОРА В ЧЕТВЕРТИЧНЫХ  
ВУЛКАНИТАХ КУРИЛО–КАМЧАТСКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ**

Выявлению закономерностей распределения химических элементов по латерали в вулканитах в пределах Курило–Камчатской вулканической дуги посвящено несколько работ [5—7, 14, 17]. Авторами указанных работ как для дуги в целом, так и для отдельных ее участков обсуждается зональность в распределении ряда химических элементов в породах, занимающих различную позицию относительно глубоководного желоба (зональность вкрест простираения дуги). Полученные нами материалы позволяют провести подобное обсуждение для бериллия и фтора для Курильского участка дуги, а также для Восточно–Камчатского вулканического пояса в понимании Г. М. Власова и А. Е. Святловского [1].

Основу фактического материала составляют более 1000 количественных определений бериллия и фтора в четвертичных вулканитах Камчатки и Курил. Количественный анализ на содержание бериллия и фтора выполнялся спектральным методом по методикам, детально описанным в специальном руководстве [16], где приведены и все необходимые данные о правильности и воспроизводимости применявшихся методик.

Наиболее детальные исследования петро–геохимической зональности в пределах Курило–Камчатской островной дуги проведены на Южной Камчатке [2]. Здесь, среди четвертичных вулканитов отчетливо выделяются три подзоны: Восточная (вулканы Ксудач, Желтовский, Ильинский, Асача, Мутновский, Камбальный, Курильские экстрезии, гора Машковская, вулкан Сарай), Центральная (вулканы Горелый, Плоская, Дикий Гребень, Черные скалы, Кошелева, Ключевская, высота 1102), Западная (вулканы Большая и Малая Ипелька, Большие и Малые Иголки, Явинский, Ухо, Удочка, Гольгина, Опала, Кошегочек). Щелочнометальность однотипных по кремнекислотности пород существенно возрастает от Восточной к Западной подзоне [7].

Средние содержания ( $\bar{C}$ ) бериллия и фтора, вычисленные по данным табл. 1 для эффузивных пород, проявленных в пределах указанных подзон, следующие:

	Бериллий, г/т	Фтор, г/т
Восточная подзона (по 90 пробам)	0,52	348
Центральная подзона (по 33 пробам)	0,70	352
Западная подзона (по 30 пробам)	0,70	422

Тенденция возрастания содержаний бериллия и фтора в породах Западной подзоны по сравнению с породами Восточной подзоны несомненна, однако проведенное сравнение не совсем корректно, поскольку соотношение вулканитов различного состава (от базальтов до липаритов) в каждой выборке не полностью отвечает соотношению вулканитов разного состава в каждой из рассматриваемых зон. Сравнение средних

содержаний бериллия и фтора, вычисленных для каждой разновидности вулканитов, в этом смысле наиболее правильно.

Приведенные на рис. 1 результаты, несмотря на некоторую неполноту данных, подтверждают обогащенность пород Западной подзоны бериллием и фтором относительно эффузивов Центральной и Восточной подзон Южной Камчатки.

Следует также напомнить полученные ранее данные [12] о несколько более высоких содержаниях бериллия и фтора в вулканитах Западной подзоны Курильских островов (острова Атласова, Маканруши, Анциферова, Экарма) в сравнении с содержаниями этих элементов в породах других островов Северных Курил.

Можно ли однако утверждать, что установленная для Южной Камчатки зональность в распределении содержаний бериллия и фтора и упомянутые различия в содержаниях этих элементов для пород различных подзон в Северо-Курильском сегменте дуги являются отдельными фрагментами поперечной зональности, характерной для дуги в целом?

Аналитический материал, помещенный в табл. 1, позволяет рассмотреть этот вопрос, однако подход, использованный выше (разделение пород на четкие группы), в данном случае должен быть изменен, поскольку разделение вулканитов на всем протяжении Курило-Камчатской дуги по подзонам не столь очевидно, как в случае вулканитов Южной Камчатки. Здесь, по-видимому, возможно рассмотреть корреляцию интересующих нас параметров с величиной какого-либо параметра, изменение которого в пределах развития пород вулканической дуги достаточно хорошо установлено. Был выбран параметр, предложенный Б. Н. Пискуновым [14], который носит название «индекса классификации» ( $I$ ) и представляет собой количественную оценку принадлежности породы к определенному петрохимическому типу. С помощью этого индекса Б. Н. Пискуновым было показано наличие поперечной петрохимической зональности Курило-Камчатской дуги.

Величина индекса в пределах Курильского и Восточно-Камчатского звеньев островной дуги закономерно убывает при переходе от внешних к внутренним частям вулканических поясов. Содержания фтора и бериллия обнаруживают (рис. 2) достаточно отчетливую корреляцию с величиной «индекса классификации» ( $I$ ). При этом наиболее высокие в среднем содержания бериллия и фтора характерны для наиболее щелочных пород с минимальным значением «индекса классификации». Различие в средних уровнях содержаний для крайних по составу разностей пород составляет для бериллия 3, а для фтора 2 раза.

Установленные для калия, рубидия и стронция в породах Курильского звена островной дуги статистические зависимости вида «содержание элемента в породах вулкана — глубина до сейсмофокальной зоны» [6, 15] наблюдаются также и для рассматриваемых нами элементов (рис. 3).

Корреляции, зафиксированные на рис. 3, подтверждают еще раз данные, приведенные выше в пользу существования зональности в распределении бериллия и фтора в вулканитах вкрест простираения рассматриваемого вулканического пояса Курило-Камчатской дуги.

Содержание бериллия в вулканических породах Южной Камчатки возрастает с увеличением кремнекислотности эффузивов и щелочнометальности последних в различных петро-геохимических подзонах (см. рис. 1). Аналогичная закономерность распределения этого элемента в связи с изменением химического состава пород наблюдается и при рассмотрении данных для Курило-Камчатской дуги в целом (табл. 2). Связь содержаний бериллия со щелочнометальностью значительно более отчетлива, чем с кремнекислотностью.

Для фтора, особенно для пород в интервале составов базальт—андезито-дацит, отмечается также положительная корреляция его содержа-

Таблица 1

## Содержания бериллия и фтора в четвертичных эффузивах Камчатки и Курил, г/т

№ п. п.	Вулканическая постройка	Разновидности пород	Количество проб <i>n</i>	Бериллий		Фтор	
				$\bar{C}$	$C_{\min} - C_{\max}$	$\bar{C}$	$C_{\min} - C_{\max}$
1	Камчатка, в. *Шивелуч	Базальты, андезито-базальты, андезиты	18	0,57	0,25 — 0,85	387	310 — 790
2	в. Харчинский	Базальты	5	0,79	0,60 — 1,40	412	170 — 910
3	в. Ключевская сопка	Базальты, андезито-базальты	79	0,69	0,20 — 1,45	369	180 — 710
4	в. Ключевской дол	То же	8	1,10	0,80 — 1,85	416	120 — 720
5	в. Безымянный	Андезиты	28	0,59	0,30 — 1,0	286	210 — 370
6	в. Острый Толбачик	Андезито-базальты	7	0,74	0,65 — 0,80	359	240 — 600
7	в. Плоский Толбачик	Базальты	311	1,24	0,30 — 2,60	360	110 — 1000
8	в. Крашенинникова	Базальты, андезиты, дациты, липариты	74	0,54	0,20 — 1,20	387	130 — 810
9	в. Кихпинич	Базальты	5	0,48	0,35 — 0,60	334	200 — 530
10	к. Узон	Дациты, липариты	19	0,71	0,50 — 0,95	557	190 — 800
11	в. Попкова	Дациты	4	0,44	0,35 — 0,55	515	380 — 670
12	в. Малый Семячик	Базальты, андезито-базальты, андезиты, дациты	36	0,58	0,25 — 1,00	368	170 — 540
13	в. Карымский	Андезито-дациты	11	0,82	0,50 — 1,05	511	280 — 710
14	в. Дзензур	Липариты	6	0,78	0,55 — 0,95	410	340 — 540
15	в. Купол	Андезиты, андезито-дациты, липариты	39	0,59	0,25 — 1,00	240	100 — 370
16	в. Ааг	Андезито, андезито-дациты	3	0,72	0,40 — 1,00	457	300 — 690
17	в. Корякский	Базальты, андезиты	6	0,52	0,40 — 0,70	380	300 — 520
18	в. Авачинский	Андезито-базальты, андезиты	6	0,50	0,35 — 0,70	253	180 — 400
19	в. Козельский	Базальты, андезито-базальты, андезиты	4	0,35	0,20 — 0,40	305	260 — 360
20	в. Ксудач	Базальты, андезито-базальты, дациты	30	0,58	0,20 — 1,25	491	220 — 1100
21	в. Горелый	Дациты, липариты	15	0,93	0,40 — 1,4	540	170 — 910
22	в. Желтовский	Базальты, андезито-базальты, андезиты	5	0,53	0,45 — 0,60	212	150 — 250
23	в. Большие Иголки	Базальты	5	0,69	0,60 — 0,90	268	160 — 370
24	в. Ильинский	Базальты, андезиты, дациты	27	0,47	0,30 — 0,70	307	140 — 420
25	в. Дикий гребень	Андезит-дациты, дациты, липарито-дациты	20	0,62	0,50 — 0,85	328	160 — 450
26	в. Явинский	Базальты	3	0,58	0,50 — 0,65	493	310 — 720
27	к. Ухо, р. Озерная	То же	3	0,65	0,60 — 0,70	437	220 — 830
28	в. Черный скалы	Базальты, андезиты	4	не опр.	0,60 — 0,70	365	260 — 480
29	в. Мутновский	Базальты, дациты	10		0,35 — 0,75	330	190 — 580
30	в. Камбальный	Базальты, андезито-базальты	10	0,49	0,40 — 0,65	258	160 — 400
31	в. Ключевская (Пау-жетка)	То же	6	0,54	0,45 — 0,70	355	130 — 600
32	в. Гольгина	Базальты, андезито-базальты, андезиты	16	0,73	0,85 — 1,00	455	

Таблица 1 (продолжение)

33	экструзии Курильского озера	Дациты, липарито-дациты, липариты	10	0,51	0,35 — 0,75	193	110 — 270
34	экструзия Плоская	Дациты	3	0,67	0,60 — 0,75	280	220 — 320
35	в. Сарай	Базальты	7	0,52	0,25 — 0,90	207	150 — 300
36	в. Кошегочек	Базальты, андезито-дациты, дациты	17	0,73	0,40 — 1,00	430	200 — 658
37	Курилы, в. Алаид	Базальты	90	0,81	0,20 — 1,90	555	230 — 1100
38	в. Богдановича	Андезиты	6	0,61	0,35 — 0,70	336	250 — 450
39	в. Маканруши	Базальт, андезито-базальты	2	0,57	0,45 — 0,70	610	570 — 660
40	к. Немо	Базальты, андезито-базальты, андезиты, андезито-дациты, дациты	28	0,40	0,20 — 0,75	334	160 — 580
41	в. Креницина	Андезиты	3	0,32	0,15 — 0,45	345	275 — 400
42	к. Тао-Русыр	Базальты, андезиты, андезито-базальты, дациты	22	0,45	0,20 — 0,80	394	220 — 750
43	в. Кунтоминтар	Андезито-базальты, андезиты	5	0,39	0,30 — 0,55	362	210 — 490
44	в. Чиринкотан	Андезиты	5	0,89	0,65 — 1,20	414	280 — 570
45	в. Райкоке	Базальты, андезито-базальты, андезиты	7	0,60	0,40 — 0,85	484	380 — 600
46	в. Расшуа	Андезиты	4	0,40	0,30 — 0,60	318	170 — 430
47	в. Ушишии	Андезиты, андезито-дациты, дациты	4	0,45	0,30 — 0,50	455	200 — 870
48	в. Кетой	Базальты, андезито-базальты, андезиты	5	0,42	0,30 — 0,50	336	270 — 380
49	к. Заварицкого	Базальты, андезито-базальты, андезиты	14	0,38	0,20 — 0,70	299	140 — 660
50	в. Уратман	Андезито-базальты	3	0,40	0,40 — 0,40	340	280 — 440
51	в. Мильна	Андезито-базальты, андезиты, дациты	4	0,60	0,25 — 0,90	351	250 — 620
52	в. Чирпой	Базальты, андезито-базальты, андезиты	5	0,45	0,30 — 0,55	316	270 — 400
53	в. Трезубец	Андезито-базальты, андезиты	6	0,35	0,15 — 0,50	293	200 — 360
54	в. Берга	Андезиты	4	0,47	0,40 — 0,60	360	280 — 470
55	в. Хмельницкого	Андезито-базальты	3	0,67	0,55 — 0,85	535	410 — 710
56	в. Атсонопури	Базальты, андезито-базальты	5	0,40	0,20 — 0,55	352	260 — 500
57	в. Львиная пасть	Андезиты	2	0,38	0,35 — 0,40	275	240 — 310
58	в. Камуй	Андезито-базальты	2	0,50	0,45 — 0,55	585	460 — 710
59	в. Тятя	Базальты, андезито-базальты	6	0,54	0,25 — 0,80	472	360 — 530
60	в. Менделеева	Андезито-базальты, андезиты, андезито-дациты, дациты, липариты	20	0,50	0,35 — 0,70	344	230 — 550
61	в. Головнина	Базальты, андезито-базальты, андезиты, андезито-дациты	17	0,32	0,20 — 0,50	250	100 — 490

\* в — вулкан, к — кальдера

ний с содержанием в породах щелочей и прежде всего калия. Связь содержаний фтора с кремнекислотностью вулканитов выявляется не столь отчетливо. Действительно, по данным табл. 2, довольно затруднительно сделать какие-либо определенные выводы. Однако построение корреляционных полей между содержаниями фтора и щелочнометаллосодержанием пород с учетом их кремнекислотности для отдельных сегментов Курило-Камчатской дуги (например, Южная Камчатка, Курильские острова) приводит к выводу о том, что для фтора характерна отрица-

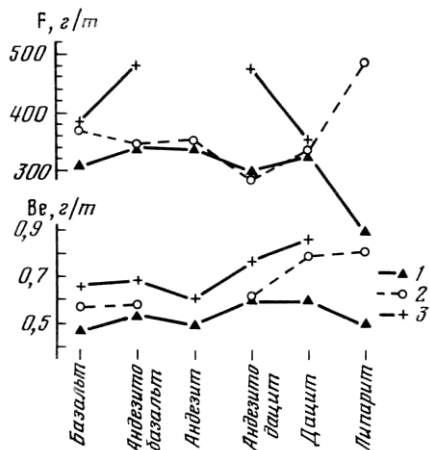


Рис. 1

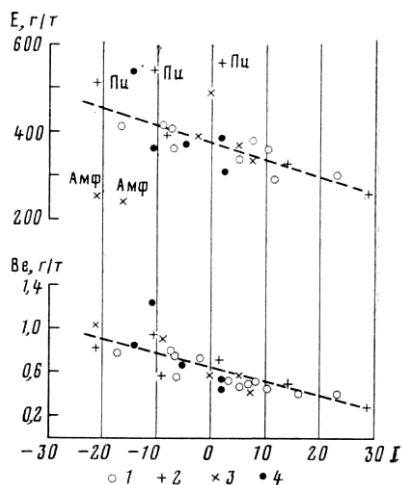


Рис. 2

Рис. 1. Распределение содержания бериллия и фтора в вулканитах Южной Камчатки в зависимости от их состава и положения по отношению к глубоководному желобу. 1, 2, 3 — Восточная, Центральная и Западная подзоны соответственно

Рис. 2. Корреляция значений «индекса классификации» (по Б. Н. Пискунову) для вулканов Курило-Камчатской дуги и содержаний бериллия и фтора в породах этих вулканов. Среднее из: 1 — 3 — 10 анализов, 2 — 10 — 20 анализов, 3 — 20 — 40 анализов, 4 — более 40 анализов; Пк — пироксеновые, Амф — амфиболовые разновидности кислых эффузивов

тельная корреляционная зависимость с кремнекислотностью вулканитов (рис. 4).

На рис. 5 отчетливо видно, что для бериллия положительная корреляция его концентраций с содержанием щелочей наблюдается для пород почти всех уровней кремнекислотности (кроме липаритов). При переходе от базальтов к дацитам контрастность этой зависимости заметно падает. Для фтора подобная прямая корреляция с содержанием щелочей в породах сохраняется в базальтах, андезито-базальтах, андезитах и андезито-дацитах и меняет знак на обратный для дацитов и липаритов.

Данные рис. 4 и 5 не только в целом подтверждают точку зрения Л. Н. Когарко и И. Д. Рябчикова [3, 4] о существенном влиянии химического состава магматического расплава на условия отделения фтора в газовую фазу, но и в основном согласуются с приведенными в этих работах данными о характере влияния изменения кремнекислотности и их щелочности на распределение фтора в породах.

Изложенный выше материал свидетельствует о значительном сходстве в закономерностях распределения бериллия и фтора в четвертичных эффузивах Курило-Камчатской вулканической дуги. Остановимся коротко на причинах такой отчетливой корреляции. Как показано ранее [8, 9], распределение бериллия в разнообразных интрузивных породах среднего и кислого состава (от габбро-диоритов до лейкократовых гра-

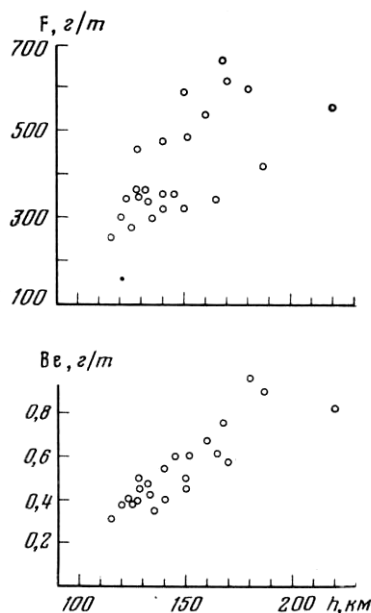


Рис. 3

Рис. 3. Соотношение средних содержаний бериллия и фтора в лавах Курильских вулканов с глубиной до сейсмофокальной зоны ( $h$ ). Данные о глубине приведены по работе [15]

Рис. 4. Трансформированное поле корреляции между содержаниями фтора и  $K_2O$  в четвертичных вулканитах Южной Камчатки (а) и Курильских островов (б) Интервал группирования по  $K_2O$  составил 0,3%; каждая точка на графике — среднее из 3—15 анализов; 1 — вулканиты с содержанием  $SiO_2 < 57\%$ ; 2 — вулканиты с содержанием  $SiO_2$  в интервале 57 — 63,5%; 3 — вулканиты с содержанием  $SiO_2 > 63,5\%$

Рис. 5. Содержания бериллия и фтора в зависимости от щелочнометальности и кремнекислотности эффузивных пород Камчатки и Курил.

Элементы нормированы по их содержаниям в низкокальцевых разновидностях (н/к); 1 — базальты, 2 — андезито-базальты, 3 — андезиты, 4 — андезито-дациты, 5 — дациты, 6 — липариты

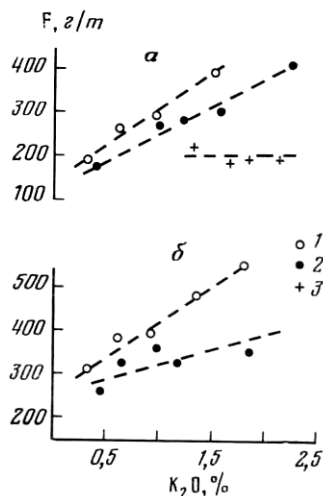


Рис. 4

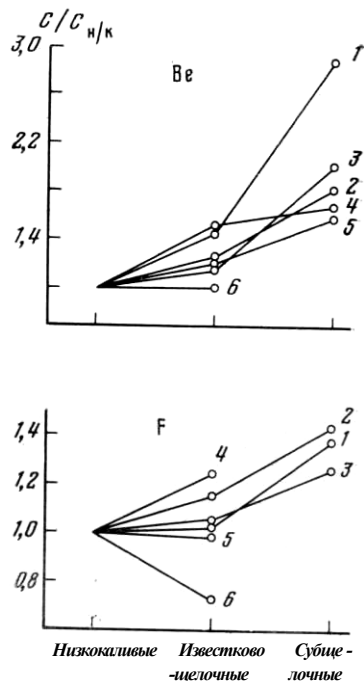


Рис. 5

нитов) в значительной мере определяется распределением и поведением фтора в процессах дифференциации и кристаллизации расплавов. Наличие такой тесной связи и даже некоторые различия в распределении указанных элементов трактовались как результат существования бериллия в расплавах в виде двух форм — окисной и галоидной (возможно, в сложных фторкомплексных соединениях) — и изменением равновесия между указанными формами существования бериллия в расплаве в процессах его эволюции. Там же [8, 9] обращалось внимание на различия в распределении бериллия и фтора на конечных стадиях кристаллизации пород, когда, вероятно, происходит распад комплексных фтор-

Таблица 2

**Средние содержания бериллия и фтора в разновидностях пород  
Курило-Камчатской островной дуги, г/т**

Разновидности пород	Бериллий			Фтор		
	$n$	$\bar{C}$	$C_{\min} - C_{\max}$	$n$	$\bar{C}$	$C_{\min} - C_{\max}$
Базальты						
I	62	0,44	0,20 – 0,90	63	327	160 – 620
II	245	0,64	0,20 – 1,30	238	335	150 – 710
III	318	1,26	0,20 – 2,60	297	446	110 – 1100
Андезит-базальты	33	0,44	0,30 – 0,70	33	324	140 – 600
I						
II	77	0,55	0,20 – 1,00	77	372	160 – 600
III	2	0,80	0,70 – 0,90	2	465	220 – 710
Андезиты	43	0,44	0,30 – 0,70	42	335	180 – 660
I						
II	114	0,51	0,25 – 1,05	115	351	190 – 810
III	10	0,88	0,65 – 0,90	10	421	300 – 630
Андезито-дациты	39	0,47	0,20 – 0,90	39	344	170 – 720
I						
II	53	0,71	0,25 – 1,25	53	426	75 – 760
III	5	0,78	0,55 – 0,90	—	—	—
Дацинты	25	0,54	0,25 – 0,85	25	361	100 – 660
I						
II	82	0,65	0,35 – 1,60	80	355	100 – 820
III	2	0,85	0,80 – 0,90	—	—	—
Липариты						
I	48	0,64	0,35 – 0,95	45	446	100 – 800
II	64	0,64	0,25 – 1,65	56	324	70 – 910
III	—	—	—	—	—	—

*Примечание.* I — низкокальциевые, II — известково-щелочные, III — субщелочные.

бериллатов и сдвиг равновесия между галоидной и окисной формой нахождения бериллия в сторону последней. Выражаются такие различия обычно в неполном совпадении максимальных концентраций по зонам в эндо- и экзоконтактах массивов, приуроченности более высоких содержаний бериллия к хорошо раскристаллизованным участкам и часто более высоких содержаниях фтора в мелкозернистых фациальных разновидностях и т. д. Детальное изучение характера распределения бериллия и фтора в твердых продуктах извержения вулкана Толбачик в 1975—1976 гг. [11], вулкана Алаид в 1972 г. [13], а также имеющиеся материалы по распределению этих элементов в породах вулкана Ключевская сопка (прорывы: Пийпа, им. IV Всесоюзного вулканологического совещания, им. 8 марта) выявили подобные же соотношения в поведении бериллия и фтора на различных этапах эволюции и кристаллизации расплава в вулканическом процессе. По-видимому, приведенную выше трактовку причин сходства и различий в характере распределения содержаний бериллия и фтора в разновидностях пород гранитоидного ряда можно распространить и на породы, образующиеся в вулканическом процессе.

Что же касается сути процесса, лежащего в основе зафиксированного выше изменения характера корреляционных связей для фтора (и в меньшей мере для бериллия) со щелочностью пород при изменении их кремнекислотности от базальтов до липаритов, то полной ясности здесь пока нет. По-видимому, такое изменение в характере корреляций связано с тем, что для пород дацитового и риолитового составов преобладающей является зависимость содержаний фтора от водонасыщенности исходных расплавов, фиксирующаяся [10] в снижении содержаний этого элемента в разностях пород с водосодержащими (амфибол, биотит)

Таблица 3

**Средние содержания бериллия и фтора в четвертичных эффузивах различных сегментов Курило – Камчатской вулканической дуги по ее простиранию, г/т**

Район (сегмент) дуги	№ соответствующих вулканических построек в табл. 1	Вулканиды в целом		Андезиты нормальной щелочности	
		бериллий	фтор	бериллий	фтор
Центральная Камчатская депрессия					
а) с учетом всех данных	1 — 7	1,06 (456)	360 (456)	0,53 (38)	300 (38)
б) без учета данных по Толбачику	1 — 6	0,68 (145)	359 (145)		
Восточная Камчатка	8 — 19	0,58 (213)	373 (213)	0,52 (23)	332 (23)
Южная Камчатка	20 — 36	0,61 (187)	372 (191)	0,49 (18)	359 (19)
Северные Курилы					
а) с учетом всех данных	37 — 44	0,65 (160)	468 (160)	0,48 (14)	397 (14)
б) без учета Западной зоны	38,40 — 43	0,43 (64)	357 (64)		
Средние Курилы	45 — 51	0,45 (41)	360 (41)	0,49 (14)	412 (14)
Южные Курилы	52 — 61	0,44 (70)	340 (70)	0,44 (15)	357 (15)

*Примечание.* В скобках указано количество проанализированных проб.

темноцветными минералами по сравнению с пироксеновыми разновидностями, что отчетливо видно на рис. 2.

Установленные выше корреляции содержаний бериллия и фтора в породах (с одной стороны, с положением последних относительно глубоководного желоба, а с другой — в зависимости от щелочности пород) дают основание для вопроса о том, что же в действительности является в данном случае определяющим и отражает реально существующие связи.

Можно допустить, что корреляция содержаний бериллия и фтора с содержанием щелочей в породах отражает реальные связи между этими элементами и щелочностью расплавов, а корреляция содержаний рассматриваемых элементов с положением пород относительно глубоководного желоба (и с глубиной сейсмофокальной плоскости) является только отражением известной зависимости щелочности пород и места их относительно глубоководного желоба.

Можно выдвинуть иное объяснение, согласно которому корреляции содержаний рассматриваемых элементов с содержанием щелочей являются наведенными и отражают их распределение, в связи с изменением какой-либо третьей величины (например, глубины сейсмофокальной плоскости под вулканами).

На наш взгляд, предпочтительнее первое объяснение, поскольку известна зависимость содержаний бериллия и фтора от щелочности магматических пород, проявленных в различных геодинамических обстановках, и объяснение такой зависимости более высокой растворимостью летучих соединений в щелочных расплавах [3].

При сопоставлении пород, проявленных вдоль простирания вулканической дуги, по содержанию каждого из рассматриваемых элементов (табл. 3) каких-либо существенных отличий между породами Центральной Камчатской депрессии, Восточной и Южной Камчатки, Северных, Средних и Южных Курил не отмечается. Это четко видно по данным, приводимым в табл. 3 для андезитов нормальной щелочности. Такое сравнение по отдельной разновидности пород наиболее корректно, поскольку значительное влияние правильной представительности разновидностей в выборке на средние результаты можно достаточно убедительно



тельно видеть в табл. 3 в столбце «вулканыты в целом» для строк Центральная Камчатская депрессия и Северные Курилы.

Таким образом, распределение содержаний бериллия и фтора в породах различных сегментов вулканической дуги (столбец вулканыты в целом) полностью объясняется при одновременном учете имеющихся данных о содержании этих элементов в породах разного состава, наличия зональности в распределении различных разновидностей пород вкрест простирания дуги, а также закономерностей проявления разновидностей вулканытов в различных сегментах дуги по ее простиранию.

Из приведенных данных, можно сделать следующие выводы:

1. Установлена зональность в распределении содержаний бериллия и фтора в четвертичных породах Курило-Камчатской вулканической дуги в зависимости от расстояния до глубоководного желоба (вкрест простирания дуги) и корреляция величины содержаний этих элементов в породах с глубиной сейсмофокальной плоскости под вулканытами Курильской гряды.

2. Рассмотрена зависимость величины содержаний бериллия и фтора в четвертичных вулканытах Камчатки и Курил от состава пород. Повышение содержания бериллия связано с увеличением кремнекислотности и щелочности пород, причем изменение щелочности более значительно сказывается на изменении величины содержаний бериллия, чем изменение кремнекислотности. Изложенный материал показывает, что в целом наблюдается существенная корреляция в характере распределения содержаний бериллия и фтора по породам дуги. Устанавливается, однако, что для фтора зависимости его содержаний от щелочности и кремнекислотности пород более сложные. Главное здесь — наличие прямой корреляции с содержанием щелочей для пород ряда базальт — андезит и переход к обратной корреляции для дацитов и липаритов. Для пород близкого уровня щелочности отмечается снижение содержания фтора с ростом их кремнекислотности. Зависимости содержаний бериллия и фтора от состава вулканытов определяют, на наш взгляд, существование корреляций концентраций этих элементов в породах с глубиной сейсмофокальной плоскости под вулканытами и отмеченную зональность их концентрации вкрест простирания дуги.

3. Показано, что для одинаковых по кремнекислотности и щелочно-металльности вулканытов из разных по простиранию сегментов дуги не наблюдается сколь-либо существенных колебаний в содержании бериллия и фтора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Власов Г. М., Святловский А. Е. Молодые наложенные вулканические пояса. — В кн.: Геология СССР. Т. XXXI Камчатка, Курильские и Командорские острова. М.: Недра, 1964, с. 443 — 448.
2. Долгоживущий центр эндогенной активности Южной Камчатки / Колл. авторов. М.: Наука, 1980, 170 с.
3. Когарко Л. П., Рябчиков И. Д. Содержание галоидных соединений в газовой фазе в зависимости от химизма магматического расплава. — Геохимия, 1961, № 12, с. 1068 — 1076.
4. Когарко Л. П., Рябчиков И. Д. Летучие компоненты в магматических процессах. — Геохимия, 1978, № 9, с. 1293 — 1321.
5. Леонова Л. Л. Геохимия четвертичных и современных вулканических пород Курильских островов и Камчатки. — Геохимия, 1979, № 2, с. 179 — 197.
6. Мархинин Е. К., Стратула Д. С. Некоторые петрологические, геохимические и геофизические аспекты связи вулканизма с глубинами Земли. — В кн.: Вулканизм и глубины Земли. М.: Наука, 1971, с. 11 — 16.
7. Пампура В. Д., Пополитов Э. И., Вольнец О. Н., Огородов Н. В., Кожемяка Н. Н., Важеевская А. А., Литасов Н. Е. Геохимические особенности четвертичных вулканытов Южно-Камчатского вулканического пояса. — В кн.: Геохимия эндогенных процессов. Иркутск, 1979, с. 70 — 75.
8. Петров Л. Л. Геохимия бериллия в гранитоидах Восточной Сибири. Автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. геол. — мин. наук. Иркутск, 1969, 24 с.
9. Петров Л. Л. Поведение бериллия при кристаллизации гранитоидных расплавов. — Геохимия, 1973, № 6, с. 824 — 838.

10. *Петров Л. Л., Волынец О. Н., Леонова Л. Л., Хренов А. П.* Некоторые закономерности распределения фтора в вулканических породах Камчатки и Курил. — Магмообразование и его отражение в вулканическом процессе. М: Наука, 1977, с. 140—148.
11. *Петров Л. Л., Волынец О. Н., Флеров Г. Б., Андреев В. Н., Андреев В. И., Будников В. А.* Распределение фтора, бора и бериллия в породах Толбачинского извержения 1975—1976 гг. — Вулканол. и сейсмол., 1979, № 3, с. 18—29.
12. *Петров Л. Л., Леонова Л. Л.* Бериллий и фтор в вулканических породах Курильских островов и Камчатки. — В кн.: Ежегодник — 1972 СибГеохи. Иркутск, 1973, с. 60—64.
13. *Петров Л. Л., Хренов А. П.* Бериллий, бор и фтор в продуктах извержения вулкана Алаид (прорыв Олимпийский). — В кн.: Ежегодник — 1976 СибГеохи. Иркутск, 1977, с. 34—42.
14. *Пискунов Б. Н.* Классификация серий четвертичных эффузивов и латеральная петрохимическая зональность Курило-Камчатской дуги. — В кн.: Вулканизм Курило-Камчатского региона и острова Сахалин. Владивосток, 1976, с. 17—33.
15. *Пискунов Б. Н., Абдурахманов А. И., Ким Ч. У.* Соотношение состав — глубина для вулканитов Курильской островной дуги и его петрологическое значение. — Вулканол. и сейсмол., 1979, № 4, с. 57—67.
16. *Райхбаум Я. Д., Костюкова Е. С., Кузнецова А. И., Петров Л. Л., Смирнова Е. В., Глазунова А. Д., Арбатская С. Н.* Эмиссионный спектральный анализ в геохимии. Новосибирск, Наука, 1976, 280 с.
17. *Ротман В. К., Марковский Б. М.* Калий и рубидий в вулканических породах Камчатки как индикаторы позднекайнозойской вулcano-тектонической эволюции. — Докл. АН СССР, 1975, т. 222, с. 917—920.

Институт вулканологии  
ДВНЦ АН СССР  
Институт геохимии  
СО АН СССР

Поступила в редакцию  
19.1.1981